


Article Info	RESEARCH ARTICLE   ARAŞTIRMA MAKALESİ	
Title of Article	<b>An Investigation of the Contemporary Wooden Construction Systems Usage in Multi-Storey Buildings: The Tree</b>	
Corresponding Author	<b>Nurcan GÜL</b> Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Doktora Öğrencisi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, <a href="mailto:ngul2018@gtu.edu.tr">ngul2018@gtu.edu.tr</a>	
Submission Date Admission Date	26/07/2019 / 10/09/2019	
How to Cite	GÜL, N., GÜZELÇOBAN MAYUK, S. (2019). <b>Çağdaş Ahşap Yapım Sistemlerinin Çok Katlı Yapılarda Kullanımının İncelenmesi: The Tree</b> , Kent Akademisi, Volume, 12 (37), Issue 3, Pages, 586-599	

ORCID NO:  
0000-0002-2852-5138

## Çağdaş Ahşap Yapım Sistemlerinin Çok Katlı Yapılarda Kullanımının İncelenmesi: The Tree

Nurcan GÜL<sup>1</sup>  
Seher GÜZELÇOBAN MAYUK<sup>2</sup>

### ABSTRACT

#### **An Investigation of the Contemporary Wooden Construction Systems Usage in Multi-Storey Buildings: The Tree**

By the 21st century, increasing in the population, increasing in higher constructions and the use of energy resources, led to the emergence of sustainable approaches for new buildings. In this situation, with limited space in the horizontal level, makes it necessary to go vertical. Innovative solutions are used in vertical construction as a result of technological developments. Sustainable and open to development, with the benefit of rapid construction, the “wood construction systems” are one of the innovative system that stand out in this sense. The wooden construction systems, called Cross Laminated Timber (CLT) and Glulam Timber, are construction systems these are frequently used in northern countries today.

On the other hand, even the light weight, ease of application, industrial potential and despite the current stockpile of wood in Turkey, its use as a production system in the construction sector in Turkey is known to be limited. With this study, making contemporary wooden construction systems common in the construction sector in Turkey is the aim. Due to this, The Tree structure, which was produced with the glulam and CLT systems in Norway and which is the highest structure of the period it was built, was examined. In obtaining information about the building; It was observed at the construction site in Bergen, City of Hordaland Region, Norway. The project details were discussed with the project manager. In addition, studies on the structure have been examined. Firstly; properties of wood material and its usage as a contemporary construction system are discussed and various examples from the past and present are given. Afterwards, wood and wood structure has been examined in Turkey. The study has been completed with the section where the information about The Tree structure and construction system has been transferred. Studies of contemporary timber construction systems are exemplified how to use vertical structure in Turkey.

**KEYWORDS:** Sustainability, contemporary wooden construction system, cross laminated timber (CLT), glulam timber, The Tree.

<sup>1</sup> Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Doktora Öğrencisi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, [ngul2018@gtu.edu.tr](mailto:ngul2018@gtu.edu.tr)

<sup>2</sup> Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Dr. Öğretim Üyesi, [sgmayuk@gtu.edu.tr](mailto:sgmayuk@gtu.edu.tr)

## ÖZ

21. yüzyıla gelindiğinde, artan nüfus ile birlikte yapılaşma oranı ve enerji kaynaklarının kullanımındaki artışlar, sürdürülebilir yaklaşımların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu durum ayrıca, yatay yapılaşmadaki alan kısıtlılığı ile birleşerek, düşeyde yükselmeyi gerektirmiştir. Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmelerin etkisinde, düşey yapılaşmada yenilikçi çözümlerin kullanıldığı görülmektedir. Sürdürülebilir ve gelişime açık, hızlı yapım kolaylığı ile “ahşap yapım sistemi” bu anlamda ön plana çıkan yenilikçi sistemlerden biridir. Çapraz Tabakalı Ahşap (Cross Laminated Timber-CLT) ve Lamine Ahşap (Glulam Timber) adı verilen ahşap yapım sistemleri, günümüzde kuzey ülkelerinde sıklıkla kullanılan sistemlerdir.

Öte yandan, hafiflik, uygulama kolaylığı gibi özelliklerine ve mevcut hammadde stoku potansiyeline rağmen ahşabın, Türkiye’de inşaat sektöründe yapım sistemi olarak kullanımının az olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışma ile ahşabın çağdaş yapım sistemi olarak kullanımının örneklenmesi ve Türkiye’de kullanımını artırmak üzere farkındalık yaratılması amaçlanmıştır. Bu anlamda çalışmada, Norveç’te lamine ahşap ve CLT sistemi ile üretilen, yapıldığı dönemin en yüksek ahşap yapısı olan The Tree yapısı ele alınmıştır. Yapıya yönelik bilgilerin edinilmesinde; Norveç Bergen Kenti Hordaland Bölgesi’ndeki yapı yerinde gözlenmiş; proje müdürü eşliğinde proje detayları yapı üzerinde tartışılmıştır. Bunun yanı sıra, yapı hakkında günümüze kadar yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Çalışmada ilk olarak; ahşap malzemenin özellikleri ve çağdaş bir yapım sistemi olarak kullanımı ele alınmış, geçmişten ve günümüzden çeşitli örneklere yer verilmiştir. Sonrasında, Türkiye’de ahşap ve ahşap yapı konusu incelenmiştir. The Tree yapısı ve yapım sistemine yönelik bilgilerin aktarıldığı bölüm ile çalışma sonlandırılmıştır. Yapılan çalışma ile çağdaş ahşap yapım sistemlerinin Türkiye’de düşey yapılarda nasıl kullanılabileceği örneklenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Sürdürülebilirlik, çağdaş ahşap yapım sistemi, çapraz tabakalı ahşap (CLT), lamine ahşap, The Tree.

## GİRİŞ:

21. yüzyıla gelindiğinde sürdürülebilir yaklaşımların, yapısal ve kentsel ölçekte arttığı gözlenmektedir. Bu durumun, nüfus artışına bağlı olarak, yapılaşma ve enerji kaynaklarının kullanımındaki artışın bir sonucu olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, kentlerdeki nüfus artışı yatay yapılaşmadaki alan kısıtlılığı ile birleşerek, düşeyde yükselmeyi gerektirmiştir. Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmelerin, düşey yapılaşmada sürdürülebilir ve yenilikçi çözümlerin kullanımına olanak sağladığı görülmektedir. “Ahşap yapım sistemi” bu anlamda ön plana çıkan sistemlerden biridir. Mekanik özellikleri yüksek olan ahşap, aynı zamanda hafif bir malzemedir. Çelik ve betonarme yapılar ile endüstriyel ahşabın kullanıldığı yapılar karşılaştırıldığında; üretimde düşük enerji gereksinimi, eşdeğer yangın direnci ve statik dayanım gibi özellikleriyle ahşap malzeme ön plana çıkmaktadır (Güzel & Yesügey, 2015).

Bununla birlikte, Lamine Ahşap (Glulam Timber) ve Çapraz Tabakalı Ahşap (Cross Laminated Timber-CLT) adı verilen ahşap yapım sistemleri günümüzde kullanılan çağdaş yapım sistemlerindedir. Bu tür sistemlerin taşıyıcı nitelikleri ve boyutsal kararlılıkları sebebiyle 5-10 katlı orta yükseklikteki ve daha yüksek yapılarda kullanımı uygun görülmektedir. Kuzey Avrupa ülkelerinde sıklıkla kullanıldığı bilinen çağdaş ahşap sistemlerinin; diğer Avrupa ülkeleri ve Avustralya’da eğitim yapıları, konutlar, oteller, ofisler gibi farklı yapı türlerinde kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

Öte yandan, hafiflik, uygulama kolaylığı gibi özelliklerine ve mevcut hammadde stoku potansiyeline rağmen ahşabın, Türkiye’de inşaat sektöründe yapım sistemi olarak kullanımının az olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışma ile ahşabın çağdaş yapım sistemi olarak kullanımının örneklenmesi ve Türkiye’de kullanımını artırmak üzere farkındalık yaratılması amaçlanmıştır. Bu anlamda çalışmada, Norveç’te lamine ahşap ve CLT sistemlerin kullanıldığı, yapıldığı dönemin en yüksek yapısı olarak bilinen, Årets Trebyggeri 2015 (2015 Yılı Ahşap Konstrüksiyonu Ödülü) (URL 1) ve Prefab House Of The Year 2016 (2016 Yılı Prefabrik Ev Genel Galibi Ödülü) (URL 2) ödüllerini kazanmış olan The Tree yapısı ele alınmıştır. Yapıya yönelik bilgilerin edinilmesinde; Norveç Bergen Kenti Hordaland Bölgesi’ndeki yapı yerinde gözlenmiş; proje müdürü eşliğinde proje detayları yapı üzerinde tartışılmıştır. Bunun yanı sıra, yapı hakkında günümüze kadar yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Çalışmada; ahşap malzemenin özellikleri ve çağdaş bir yapım sistemi olarak kullanımı ele alınmış, geçmişten ve günümüzden çeşitli örneklere yer verilmiştir. Ayrıca, ahşabın sürdürülebilir yönleri, olumlu ve olumsuz özellikleri aktarılmıştır. Anlatımlar ışığında Türkiye’de ahşap ve ahşap yapı konusu incelenmiş, The Tree yapısı ve yapım sistemi, enerji kullanımına ve yalıtımına yönelik bilgiler aktarılmış, sonuç ve öneriler bölümü ile çalışma sonlandırılmıştır.

## 1. Ahşap Malzemenin Özellikleri ve Çağdaş Bir Yapım Sistemi Olarak Kullanımı

Ahşap, küçük ve büyük ağaçların gövdesinin ana maddesi olan, sert lifli doğal malzeme olarak tanımlanmaktadır ve ahşabın farklı boyutlarda kesilmesiyle kereste elde edilmektedir (Brancaccio, 2018). Sürdürülebilir olması, yeniden kullanılabilmesi, karbon ayak izinin beton ve çelikten daha düşük olması, atık oluşturmaması, mimarlık ve mühendislikte kullanılan doğal bir malzeme olması ahşabın önemli özellikleri olarak sıralanmaktadır (Kleppe, 2017). Eski çağlardan bu yana kolaylıkla ulaşılabilen ve farklı kullanımlara yanıt verebilen ahşap malzemenin, teknolojik gelişmelerle kullanım alanlarının son yıllarda yaygınlaştığı görülmektedir. Bu anlamda yapılarda; ana strüktür elemanı, kapı, pencere, çatı, mobilya, bitiş kaplama ve dekorasyon malzemesi olarak yer almasının yanı sıra, bağlantı elemanı ve diğer karmaşık yapısal sistemlerde de kullanılması söz konusudur.

En eski ve geleneksel yapım tekniklerinde biri olarak ahşabın köprü, konut, cami gibi farklı işlevli yapılarda kullanıldığı görülmektedir. Örneğin, M.Ö. 800 yılına ait Gordion Mezar Odası, M.Ö. 1500 ve öncesinde Likya Uygarlığının taş yapılarında ahşap taktitlerine ulaşılmıştır. Anadolu topraklarında yer alan bu ahşap mimari eserlere rağmen, günümüzde geleneksel ahşap yapım tekniklerinin kullanımının azaldığı bilinmektedir (Şekil 1) (Akça vd., 2014).



Şekil 1. Geleneksel Anadolu yapılarında ahşabın kullanımı (Akça vd., 2014).

Öte yandan, ahşap yapıların daha estetik, rahat ve yaratıcı bir kentsel deneyim yaratma potansiyeli olduğu düşünülmektedir. Bu özelliğiyle, yapısal ahşap malzemenin kullanımının arttığı söylenmektedir. Buna karşın, beton ve demirin yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanmasıyla, ahşabın neredeyse hiç kullanılmaz hale geldiği ve ahşabın kullanımını canlandırmak için Frank Lloyd Wright'ın kendisine ait Bozkır Evleri'ni ahşap olarak tasarlayıp yaptığı aktarılmaktadır (Brancaccio, 2018).

Günümüzde; çağdaş teknikler ile ahşabın yanmaya ve suya dayanımının artırılması, çürümesinin önlenmesi, ekolojik değerinin artması söz konusudur. Ayrıca, özel orman alanlarında endüstriyel ahşap üretiminin yapıldığı ve teknolojik yapım yöntemleri ile ahşap kullanımının yaygınlaştığı bilinmektedir (Hasol, 2017). Mühendislik ve mimarlık disiplinleri açısından, taşıma kapasitesinin fazla olması, deprem ve yangın dayanımı, estetik ve görsel etkisi, fiziki konfor şartlarını sağlayan ekonomik ve ekolojik malzeme olması açılarından dünyada günümüz yapılarında yapısal ahşap tercih edilmektedir (Şekil 2). Çağdaş ahşap yapıların gelişimlerine devam ettiği ve başta geniş açıklıklı karayolu köprüleri, toplu konutlar, çok katlı yapılar olmak üzere çoğunlukla gelişmiş ülkelerde kendine yer bulduğu görülmektedir (Şekil 3) (Akça vd., 2014). Bu tür yapılarda, lamine ahşap ve çapraz tabakalı ahşap adı verilen ahşap yapım sistemlerinin çağdaş yapım sistemleri olarak sıklıkla kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 2. Londra Barbican'daki Oakwood Kulesi (Ramage vd., 2017), Oakwood Tower, London (Foster vd., 2018)



Şekil 3. Günümüz çağdaş ahşap yapılarından örnekler

Solda: Japonya, 187m. açıklık, Mimar Toyo Ito; Sağda: Karayolu köprüsü, Graz, Avusturya (Akça vd., 2014)

### 1.1 Lamine Ahşap ve Çapraz Lamine Ahşap (CLT)

Yapısal bir malzeme olarak ahşabın özel bir mukavemet ve sertliğe sahip olduğu, bu yönüyle diğer malzemelerle karşılaştırıldığında; kerestenin çelik ile benzer şekilde ve betondan daha iyi performans gösterdiği söylenmektedir (Ramage vd., 2017). Geleneksel yapı malzemelerinin çoğundan farklı olarak anizotropik olma özelliği gösteren ahşap malzemenin kullanıldığı elemanlardan büyük boyutlu olanları ile yüksek eksenel yüklerin taşınabildiği bilinmektedir. Buna karşın, bu tür elemanların yerleştirildiği yapısal sistemlerin, yükleri bağlantılarda aktarmak için özenle tasarlanması ve detaylandırılması önem taşımaktadır (Ramage vd., 2017). Son yıllarda gelişen teknoloji ile ilişkili olarak yapılarda Lamine Ahşap ve Çapraz Lamine Ahşap elemanlar kullanılmaktadır.

Şerit şeklindeki ahşapların birbirine tutkallanması yöntemiyle oluşturulmuş yapısal ahşap ürünler, Lamine Ahşap olarak tanımlanmaktadır (Şekil 4). En az iki biçilmiş levha ya da şerit üründen üretilen ve en fazla 45 mm kalınlıkta olan lamine ahşapta damarlar, uzun yönde uzanmaktadır. Ahşabın kurutulması, taşıdığı özelliklere göre sıralanması; planlanması, tutkallanması, desteklerin yapılandırılması, şekillendirilmesi; yüzeyinin son haline getirilmesi ve ambalajlama aşamaları, lamine ahşabın üretilmesindeki ana aşamalar olarak sıralanmaktadır (URL 3).

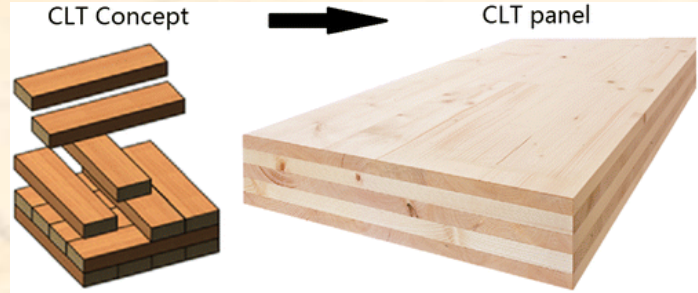
Üretici firmaya göre değişebilen Lamine Ahşap ölçüleri, çoğunlukla en fazla yaklaşık 2 metre yükseklik ve en fazla 30 metre uzunlukta olarak bilinmektedir. Lamel kalınlığı ise genellikle düz destekler için 45 mm, eğimli destekler için 33 mm olarak belirtilmektedir. Spor salonu, sergi salonu, okul, ev ve tarımsal yapı örneklerinde çoğunluklu olarak bu tür ahşabın kullanıldığı görülmektedir (URL3).

Çağdaş ahşap yapı malzemesi olarak çapraz lamine ahşap, plaka ya da çitelerin çeşitli katmanlarda çaprazlanması ve tutkalla yapılandırılması yöntemi ile oluşturulan dayanıklı plakalar olarak tanımlanmaktadır (Şekil 5). Firmalara göre



değişebilen boyutlarda üretimi söz konusu olan bu tür plakaların, 51-297 mm kalınlıkları arasında üretildiği, en fazla 4,8 mm genişlik ve 20 metre uzunlukta oldukları belirtilmektedir. CLT'nin; duvar, zemin ve çatılarda taşıyıcı elemanlar, cephe ve iç mekânlarda giydirmeye ya da kaplama amaçlı plakalar halinde kullanıldığı görülmektedir (URL 4).

Şekil 4. Lamine ahşap (URL 3).



Şekil 5. Çapraz lamine ahşap (CLT) (URL 5).

Lamine Ahşap'ın genellikle planyalandıktan sonra, çeşitli yüzey işlemlerinden geçtikten sonra ve basınç uygulandıktan sonra olmak üzere farklı şekillerde kullanıma sunulduğu bilinmektedir. Lamine ahşap kirişlerin ayrıca, yanma dayanımlarının yüksek olduğu, ısı etkisinde hemen eğilme göstermedikleri ve bir saatlik bir alev maruziyetinin sonrasında yaklaşık 36 mm burkulma derinliği gösterdikleri söylenmektedir. Ahşaba eklenmiş çelik parça ya da bileşenlerin de benzer bir sürede ateşe dayanım gösterdiği aktarılmaktadır (URL 3).

Öte yandan, Çapraz Lamine Ahşap'ın CNC adı verilen bilgisayar denetimli makinelerle fabrika ortamında istenen şekle getirilmek üzere işlenmesi söz konusudur. Bu yolla CLT'lerin daha hassas ve kolay kullanımı sağlanabilmektedir. CLT yüzeyleri genellikle cilalıdır fakat istenildiğinde iç mekânlarda kaplamasız ya da cilasız kullanılabilir (URL 4).

## 1.2 Ahşap- Çelik- Betonarme Yapım Sistemlerinin İrdelenmesi

Ahşap ile yapılan yapı, çelik ve beton ile yapılanaya göre daha hızlı üretilmektedir. Bu noktada, lojistik ve yapım sıralamasının uygun şekilde bütünleştirilmesi önem taşımaktadır. Bu anlamdaki planlamanın tasarım aşamasında yapılması gerekmektedir (Ramage vd., 2017). Ayrıca, yüksek yapı yapmanın betonarme ve çelik sistemler ile sağlanabildiği kabulü, The Tree yapısı gibi yeni yapım teknolojilerin kullanıldığı çağdaş ahşap yapılar ile değişmiş olup, artık yüksek yapılarda çelik ve betonarme gibi ahşap malzeme kullanımının olanaklı olduğu görülmektedir (Foster vd., 2018).

Çelik ve betonarme yapılar ile endüstriyel ahşabın kullanıldığı yapılar karşılaştırıldığında; üretimde düşük enerji gereksinimi, eşdeğer yangın direnci ve statik dayanım, ahşabın hafifliği gibi özellikleri nedeniyle çağdaş ahşap sistemlerin öne çıktığı görülmektedir (Güzel & Yesügey, 2015).

Bununla birlikte, çapraz lamine ahşap elemanların kullanıldığı panel sistemin taşıyıcı sistem özellikleri ve statik gereksinimlerinin büyük boyutlu prefabrik betonarme panellerle benzerlik gösterdiği söylenmektedir. Bu tür sistemlerin, 5-10 katlı orta yükseklikteki yapılar ve yine yüksek yapılar için uygun oldukları belirtilmektedir. Buna neden olarak, taşıyıcılık özellikleri ve boyutsal kararlılıklarının yüksek olması gösterilmektedir. Bunun yanı sıra, betonarme ve çelik yapı ürünleri ile üretim sırasında yoğun enerji gereksinimi ve CO2 salımlarının yüksek olması gibi nedenlerle, son yıllarda ahşap ürünlerle yapı üretimine ilginin arttığı görülmektedir. Ahşap malzemeler, yenilenebilir bir kaynak olmalarının yanında, daha az karbon ayak izine sahip olmaları, üretimi sırasında az enerji gerektirmeleri ve su kirliliği açısından da daha olumlu bir orana sahip olmaları gibi nedenlerle sıklıkla tercih edilmektedir (Güzel ve Yesügey, 2015). Güzel ve Yesügey 2015 yılında yaptıkları çalışmada, inceledikleri betonarmeyi kısmen kullanan çok katlı yapı örneklerinde bile karbon ayak izinin etkili bir şekilde azaldığını göstermişlerdir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Ahşap yapım sistemlerinin olumlu getirilerinin örnek yapılar üzerinden aktarılması (Güzel ve Yesügey, 2015)

YAPI ADI/ YAPIM YERİ	YAPIM YILI	YAPI TÜRÜ	KAT ADEDİ	AHŞAP TAŞIYICI SİSTEMİ	TAŞIYICI SİSTEM MALZEMESİ	B.ARMENİN KULLANIM ŞEKLİ	CLT TABAKA SAYISI (Duvar)	CLT TABAKA SAYISI (Döşeme)	YAPIM SÜRESİ	AHŞAP MALZEME MİKTARI	DEPOLANAN CO <sub>2</sub> MİKTARI
Stadthaus, Londra	2009	Sosyal + Özel Konut	9	CLT Panel	Betonarme ve Ahşap	Zemin kat yapımı	3	5	Panellerin takılması 27 gün. Toplam inşaat süresi 49 gün.	926 m <sup>3</sup>	310 ton
Limnologen, Växjö	2009	Sosyal Konut	8	CLT Panel	Betonarme ve Ahşap	Zemin kat yapımı	3	3 tabaka CLT+ T biçimli glulam kirişler	1 katın kurulum süresi 10 gün. Toplam inşaat süresi 17 ay	140 tır ahşap malzeme	228 ton
Holz8 (H8), Bad Aibling	2011	Ticari + Konut	8	CLT Panel	Betonarme ve Ahşap	Yapının çekirdeği	5	5	Panellerin takılması 16gün. Toplam inşaat süresi 6 ay.	570 m <sup>3</sup>	500 ton
Bridport Konutu, Londra	2011	Sosyal konut	8	CLT Panel	Ahşap	-	5	5 ve 7	Panellerin takılması 12 hafta	1100 adet (1576 m <sup>3</sup> )	2113 ton
Forte, Melbourne	2012	Ticari + Konut	10	CLT Panel	Betonarme ve Ahşap	Zemin kat yapımı	5	5	Panellerin takılması 3 ay. Toplam inşaat süresi 9 ay.	759 adet 485 ton panel, 1000m <sup>3</sup>	1451 ton
Whitmore Road konutu, Londra	2012	Ticari + Konut	7	CLT Panel	Betonarme ve Ahşap	Zemin kat yapımı	5	5	35 gün	499 m <sup>3</sup>	120 ton
Cenni di Cambiamento, Milano	2013	Sosyal konut	Bodrum + 9	CLT Panel	Betonarme ve Ahşap	Bodrum kat yapımı	3 ve 5	5 ve 7	15 ay	6100 m <sup>3</sup>	-

## 2. Türkiye’de Ahşap ve Ahşap Yapı

Türkiye topraklarının %27’si ormanlık alan (21,7 milyon hektar) oluştururken, bunun 11,5 milyon hektarı verimli ormanlar olarak yer almaktadır (Akça vd., 2014). Ormanlardaki toplam ağaç varlığı 1,49 milyar metreküp, 2012 verilerine göre artış miktarı ise 42,2 milyon metreküp (yaklaşık olarak toplam ağaç varlığının %2,8’i) olarak bilinmektedir. Yapısal ahşap ve lif-yonga için, yıllık tomruk üretim ortalaması ile birlikte toplam 16 milyon 995 bin metreküp; yapısal ahşap için kısıtlı üretime rağmen hammaddesi olan tomruk için yıllık üretimi 5 milyon metreküp civarında olduğu söylenmektedir. Bütün bu değerlere karşın, ahşabın inşaat sektöründe taşıyıcı sistemlerde eleman olarak kullanımı sadece 5000 metreküp civarındadır (Tablo 2) (Akça vd., 2014). Türkiye’de kereste ve tomruk gibi hammaddelerin ekonomik tedarik ve üretim olanaklarının uygun olmasına rağmen, yapısal olarak kullanılan ahşabın her geçen yıl azaldığı bilinmektedir. Yapısal ahşap kullanımındaki artış ve gelişmeler ile ekonomiye ve sektöre yaklaşık katkınının 10 milyar TL’nin üzerinde olacağı öngörülmektedir (Akça vd., 2014).

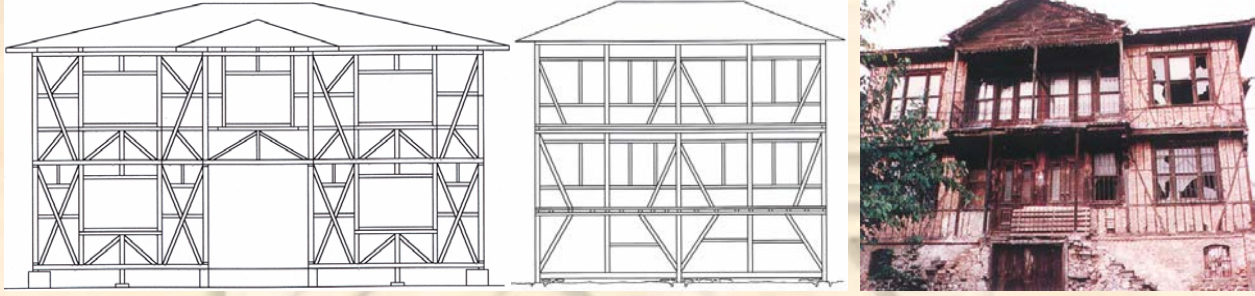
**Tablo 2.** 2002-2010 yılları arasında, Türkiye’de yapı kullanım izin belgelerinin taşıyıcı sisteme göre sayıları (URL 6).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Toplam hane</b>	161 49	162 908	164 994	249 816	295 389	326 484	357 286	404 058	363 053
<b>Betonarme</b>	153 627	156 281	158 025	243 049	283 276	317 816	347 389	392 974	355 504
<b>Çelik</b>	39	101	288	82	313	743	480	699	378
<b>Ahşap</b>	17	15	19	130	449	294	1.245	257	193
<b>Diğer</b>	7 808	6 511	6 662	6 555	11 351	7 631	8 172	10 128	6 978
<b>Betonarme (%)</b>	95.1	95.9	95.8	97.3	95.9	97.3	97.2	97.3	97.9
<b>Ahşap (%)</b>	0.01	0.01	0.01	0.05	0.15	0.09	0.30	0.06	0.05

Ahşap yapı malzemesi, dünyada olduğu gibi Türkiye için de hammadde olarak yenilenebilir, yeniden kullanılabilir, az enerji ile üretilebilir, LEED sertifikasyon sistemi gibi yüksek enerji tasarruflu yeşil yapı sertifikasyonlarına uygun olarak görülmektedir. Bu konuda, Türkiye’de yapısal ahşap ürünlerin üretimi, temini, kullanımı, endüstrisi ile ilgili çeşitli standartların da aşağıda sıralandığı gibi mevcut olduğu görülmektedir. Dünyada yaygın olarak kullanılan yapısal ahşabın ihraç edilmesi, kullanımının yaygınlaşması, inşaat sektörüne kazandırılması için çalışmalar yapılması güncel gelişmelerin yakalanması açısından büyük önem taşımaktadır (Akça vd., 2014).

- Euro Code 5: Ahşap Yapıların Projelendirilmesi (TS EN 1995)
- Ahşap ve Ahşap Esaslı Mamullerin Dayanıklılığı - Kullanım Sınıfları: Masif Ahşap ve Ahşap Esaslı Ürünlere İlişkin Tanım ve Uygulamalar (TS EN 335)
- Yapı Kerestesi Olarak Dörtgen Prizma Şeklinde Kesilmiş Masif Ahşap (TS EN 14081-1+A1)
- Tutkallı Kolon ve Kiriş Olarak Kullanılan Yapısal Ahşaplar (TS EN 14080)
- Tutkallanmış Lamine Kereste-Performans Özellikleri ve Asgari İmalat Şartları (TS EN 386)

Öte yandan, Türkiye’de ahşap yapım tekniğinin kullanımı 17 yy’a dayanmaktadır. En erken konut örneğinin bu dönemde görüldüğü ülkede, 20. yüzyılın ilk çeyreğine kadar ahşabın yaygın kullanımına devam edildiği, ancak 1940’lı yıllar sonrasında sadece kırsal bölgelerde kullanıldığı bilinmektedir (Aksoy & Ahunbay, 2005). Akdeniz, Karadeniz ve Kuzeybatı Anadolu Türkiye’de ana orman bölgeleri olması nedeniyle ahşap yapının bu bölgelerde sıklıkla kullanımına rastlanmaktadır. Ahşabın, taş temel ya da duvarın üzerine oturtulan taşıyıcı yığma ya da iskelet sistemi olarak yüzyıllar boyunca kullanıldığı Türkiye’de; ahşap iskelet sisteme geçişin ara çözümü ahşap taban ve iskelet düzenin içerisinde kerpiç, taş, tuğla ile doldurulması olarak görülmektedir. Sonrasında ahşabın iskelet sistemi olarak, bir kat yüksekliğince dikmelerin, dikmeleri destekleyen ve yatay yükleri alan köşe payandaların kullanımı gerçekleşmiştir (Şekil 6). Aynı yöntemin her katta tekrarı ile birkaç katlı yapılar yapılmıştır (Hasol, 2017).



Şekil 6. Geleneksel ahşap iskeletli yapılarda payanda yerleşimi (Aksoy & Ahunbay, 2005).

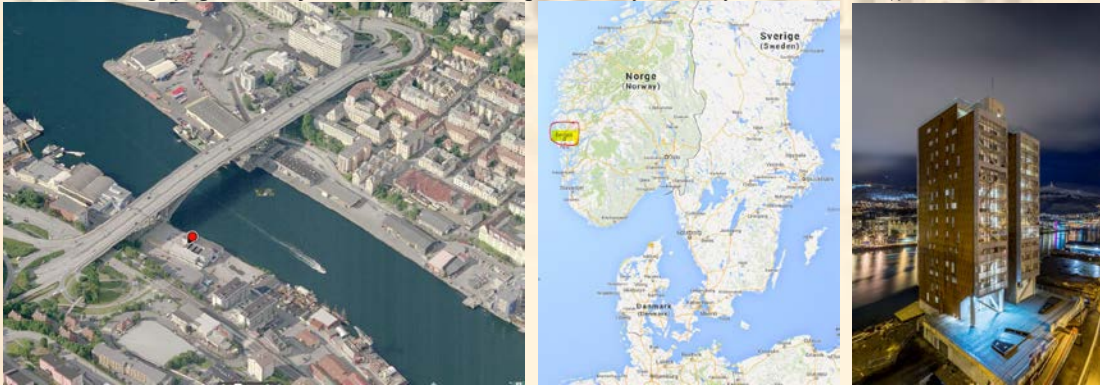
19. yüzyıldan başlayarak yangınlık ve suya karşı daha dayanıklı, teknolojik yöntemleri olan yeni yapım sistemlerinin Türkiye’de de yaygınlaşması ile geleneksel ahşap sistem yapımı azalmaya başlamıştır. Çağdaş ahşap üretim, koruma ve yapım sistemleri ile dünyada yaygın olarak modern ahşap yapılar yapılmaktadır. Ancak Türkiye’de imar yönetmeliklerinde ahşabın yanıcı yapı malzemesi olarak kabul edilmesi strüktürde kullanılmasını büyük oranda sınırlamaktadır. Bu sebeple Türkiye’de yapısal ahşap döşeme, duvar, tavan kaplama malzemesi, çatı konstrüksiyonu, dekorasyon, kapı, pencere gibi tamamlayıcı yapı elemanı olarak kullanılmaktadır (Hasol, 2017).

Yapılan literatür taraması sırasında, Türkiye’de çağdaş yapım sistemlerinden başlı başına oluşmuş yüksek bir yapı ile karşılaşmamıştır. Bu anlamda, ahşabın çağdaş yapım sistemi olarak kullanımının örneklenmesi ve Türkiye’de kullanımını artırmak üzere farkındalık yaratılmasının amaçlandığı çalışmanın bu bölümünde, Norveç’te lamine ahşap ve CLT sistemlerin kullanıldığı The Tree binası ve özellikleri aktarılmaktadır.

### 3. “The Tree” Binası

#### 3.1 Yapının Mimari Özellikleri

The Tree (yerel Norveç dili ile Treet), Norveç’in batı kıyısındaki Bergen şehri yakınlarında, 30 m yüksekliğinde, günde 25.000 aracın geçtiği Puddefjordsbroen anayol köprüsünün yanında yer almaktadır (Şekil 7).

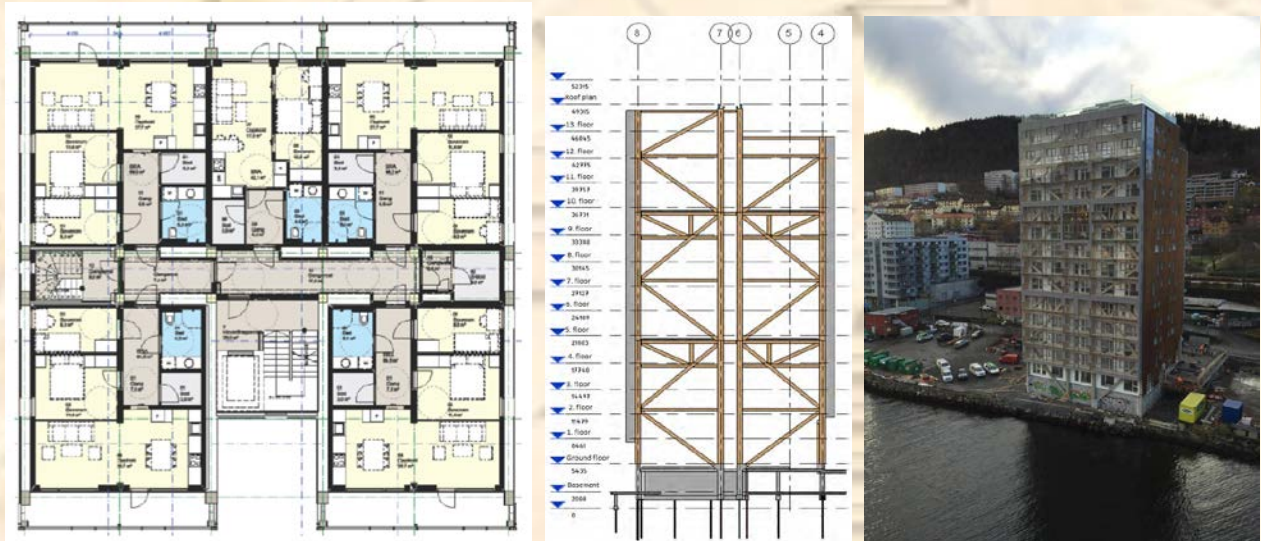


Şekil 7. The Tree proje yeri ve Puddefjordsbroen Köprüsü fotoğraf ve haritası (Abrahamsen, 2015).

Tasarım aşamasında mimarlar köprü ile uyum açısından aynı yüksekliğe ulaşmak için 15-20 katlı bir yapı olması gerektiğini düşünseler de, Bergen’de yasa gereği en fazla 27 metre yükseklikte, 9 kata kadar yapı izninin verilmesi, bu açıdan sınır oluşturmuştur. Böylece 2005 yılında, sürdürülebilir çağdaş ahşap yapım sistemi ile 15 katlı, “Dünyanın en yüksek ahşap yapısı fikri” ortaya çıkmıştır. The Tree Binası’nın yapımından önce, 2010 yılında taşıyıcı ve duvar elemanları CLT kullanılarak yapılan Melbourne’deki 10 katlı (33m) Forté yapısı, dünyanın en yüksek ahşap yapısı olarak kabul edilmektedir.

Norveç Kereste Enstitüsü ve Norveç Teknoloji Enstitüsü (NTNU)’nün yüklenici mühendislik firmasının ortak çalışması ile 14 katlı ahşap olan bir bina yapımına olanak sağlayan yapım sistemi geliştirilmiştir. Sistem, lamine ahşaptan oluşan kolon ve kiriş (yük sistemi) düzeninden ve prefabrike yapı modülü olan apartman dairelerinden oluşmaktadır (Kleppe, 2017). Yapımın 2014 yılında yapımına başlanmış ve yapı 2015 yılında tamamlanmıştır.

The Tree yapısının bodrumunda 102 adet çelik kazık üzerine oturtulmuş betonarme otopark (bodrum) katı bulunmaktadır. Zemin katta yapı 21x21 metre genişliğinde kare bir formda kurgulanmıştır. Yapıda düşey sirkülasyonun sağlanması için CLT yapım teknolojisi ile üretilmiş bir merdiven, asansör shaftı ve acil kaçış merdiveni bulunmaktadır. Tip kat planında da görüldüğü gibi, binada 1 yatak odalı 42 m<sup>2</sup>, 2 yatak odalı 64 ya da 66 m<sup>2</sup> olmak üzere üç farklı konut tipi bulunmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Tip kat planı ve kesit (Abrahamson, 2015), Güney Cephe (N. Gül arşivinden).

Ahşap prefabrike modüllerden oluşan katlarda, bir yatak odalı daireler tek modülden, iki yatak odalı daireler şantiye alanında birbirine bağlanan iki modülden oluşmaktadır. 6. ve 10. katta yer alan güç katı daireleri, içerisinde ana taşıyıcının görüldüğü ve yapısal özelliğin iç mekânda en çok okunduğu özel dairelerdir (Şekil 9).



Şekil 9. Güç katı daire içerisindeki taşıyıcı (solda), iki yatak odalı daire (sağda) (N. Gül arşivinden).



### 3.2 Yapının Taşıyıcı Sistemi, Ahşap Prefabrike Modüller ve Montajı

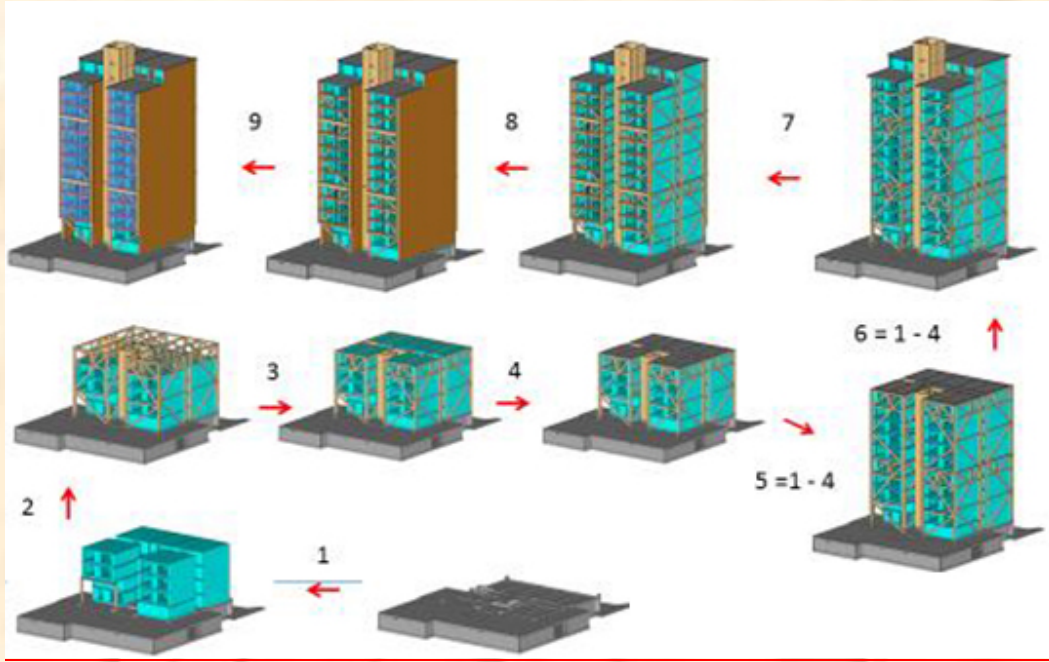
The Tree yapısının taşıyıcı sistemi ahşap köprülerden yola çıkılarak tasarlanmıştır. Yapının düşey taşıyıcıları, ahşap köprü iskeletinin dikey olarak kurgulanması ile tasarlanmış ve yapının tüm taşıyıcı sistemi bu şekilde düzenlenmiştir (Şekil 10). Taşıyıcı olarak lamine ahşabın kullanıldığı yapı, bu yönüyle de çağdaş ahşap köprü yapıları ile benzerlik göstermektedir. Yapıda, taşıyıcı olarak ayrıca CLT elemanların kullanıldığı görülmektedir (Malo vd., 2016).



Şekil 10. The Tree yapısı taşıyıcı sistem kurgusu (Abrahamsen, 2015).

Prefabrik ahşap yapım sistemi, İskandinavya'da onlarca yıldır kullanılan bir sistemdir. Yapıların bu sistemle, ikinci bir taşıyıcı sistemi kullanılmadan üst üste istiflenerek beş kata kadar yapılabildiği bilinmektedir. The Tree yapısının 14 katlı üretilebilmesi amacıyla geliştirilen sistemde ikinci bir taşıyıcı çözüme gereksinim duyulmuştur. Binanın üretim şemasına, Şekil 11'de yer verilmiştir. Buna göre, The Tree yapısında geleneksel prefabrik sistemden yola çıkılarak modüller dört kata kadar istiflenmiş ve sistem olarak 1-4, 5, 6-9, 10 ve 11-14 seviyelerinde ana taşıyıcı sisteme bağlanan güç katları oluşturulmuştur. Yapıda, 1-4 seviyeleri, betonarme otopark katının üzerinde yer almaktadır. Seviye 5 (4. katta), cephe makaslarına bağlı, "güç katı" olarak adlandırılan güçlendirilmiş bir lamine ahşap (glulam) kat olarak üretilmiştir. Seviye 5, özel glulam modüller ile ana taşıyıcı yapıya bağlanmış, altındaki modüllere doğrudan bağlanmamıştır. Bu güç katı üzerinde prefabrik betonarme döşeme bulunmaktadır. Buradaki döşeme, 1-4 seviyelerinde olduğu gibi, üzerine gelecek 6-9 seviyeleri için temel oluşturmakta ve 6-9 seviyelerindeki modüller, bu temel üzerine yerleştirilmektedir. Sonrasında, yeni bir "güç katı" (seviye 10) ile tekrar eden sistem üzerine 11-14. Seviyeleri içeren modüller yerleştirilmiştir. Son olarak yerleştirilen betonarme plaka ile, yapı 15. Kat seviyesinde gezilebilen bir teras çatı ile tamamlanmıştır (Malo vd, 2016).

Binadaki beton plakalar, ahşap taşıyıcı makasların birlikte çalışması amacıyla birleştirilmiştir. Aynı zamanda, yapısal kütlelerin artırılması buradaki diğer bir amaçtır. Beton elemanlar yapısal sistemin bir parçası olmayıp, bina içerisindeki hareketi azaltmak ve ağırlık katmak için kullanılmıştır (Malo vd, 2016). Bu nedenle The Tree tek malzemeli ahşap bir bina olarak değerlendirilmiş ve en yüksek ahşap yapı olarak kabul edilmiştir (Foster vd., 2018).



Şekil 11. The Tree yapısı üretim şeması (Malo vd., 2016).



Şekil 12. The Tree yapısında prefabrike modül (solda) ve CLT asansör shaftının yerleştirilmesi (sağda) (Kleppe, 2017).

Proje Müdürü'nden alınan bilgilere göre, yapıda kullanılan prefabrike sistemin maliyeti yüksektir. Buna karşın, yapım süresinin en aza indirilmesi sistem seçiminde etkili olmuştur. Örneğin, dört katlı her modülün yerleştirilmesinin sadece üç gün sürdüğü aktarılmıştır. Yapıdaki prefabrike birimlerin, lamine ahşap ve CLT elemanlarla sapma payları dikkate alınarak iyi bir mühendislik hesabı ile tamamen fabrikada üretildiği ve şantiyede yerleştirilmelerinin sağlandığı ve montajlarının yapılarak yapımının tamamlandığı bilinmektedir (Şekil 12). Prefabrike olarak şantiyeye getirilen her dairenin; yalıtımı, zemin kaplaması, boyası ve duvar kâğıdı, beyaz eşyaları, bütün elektrik işleri, banyo seramikleri, vitrifiye ve duşakabin, radyatör ve yerden ısıtma sistemi, havalandırma sistemi gibi ince işleri de

tamamlanmış olarak sisteme eklendiği bilinmektedir. Şantiye alanında sadece modüllerin birbiri ile bağlantısının yapıldığı, boru ve kabloların şaflara bağlanmasıyla sistem ilişkisinin sağlandığı aktarılmıştır.

### 3.3 Yapıda Lamine Ahşap ve CLT Kullanımı

The Tree yapısında; koridor duvarları, 15 kat boyunca devam eden asansör ve ana merdiven şaftları, balkonlar ve dikey taşıyıcı paneller, 9. katta yer alan spor salonu zemini CLT ile üretilmiştir. Koridor duvarı ve asansör şaftında; 120 mm kalınlığında ve 15 metre uzunluğunda CLT panellerin kullanıldığı bilinmektedir (Şekil 13).



Şekil 13. Lamine ahşap ve CLT elemanların kullanımı ve yerleştirilmesi (Kleppe, 2017).

Buna ek olarak, The Tree binasındaki ana taşıyıcı elemanların çoğu ahşaptan üretilmiştir. Makaslar için lamine, asansör boşlukları, merdivenler ve iç duvarlar için çapraz lamine ahşap (CLT) kullanılmıştır. Daire modüllerinde yine ahşap çerçeve kullanıldığı görülmektedir. Laminelerin çoğu işlenmemiş Norveç laminelerinden elde edilmiş olup, dış hava koşullarına maruz kalması olası lamineler, Nordic çamından elde edilmiş ortak lamellerden yapılmıştır. Yapı modülleri ve CLT'deki ahşap yapı, Norveç ladinlerinden üretilmiştir (Malo vd., 2016). Yapıdaki ahşap malzemelerin montajında, tipik olarak 8 mm kalınlığında 3 çelik plaka ve çeşitli boylarda 12 mm dübel kullanılmıştır (Malo vd., 2016). Şekil 14'te, ahşap sistemin bağlantı yuvalarının mevcut durumu görülebilmektedir.



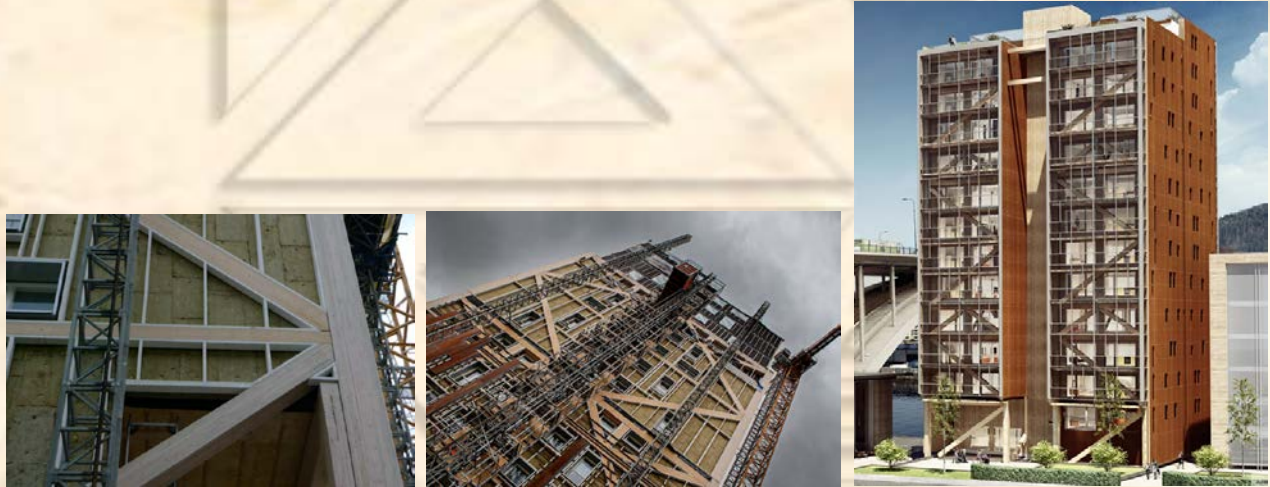
Şekil 14. Ahşap bağlantı detayları ve yuvalarının yangın koruması (N. Gül arşivinden)

### 3.4 Sürdürülebilirlik ve The Tree

The Tree yapısının ana tasarım kararı ahşap yüksek yapı tasarlamak ve inşa etmektir. Yapısal ahşabın, beton ya da çelik gibi malzemelerden daha hafif olması, yüksek bir kütle-ağırlık oranına sahip olması, daha az karbon ayak izine sahip olması gibi özellikleri ve aynı zamanda hızlı üretilebilme yeteneği yapıda yapım sistemi olarak kullanılmasının nedenlerindedir. Ahşap yapım sisteminin önemli çevresel faydalarının olduğu bilinmektedir. Örneğin, ahşaptan yapılan binaların karbon emisyonu diğer sistemlerden daha düşüktür ve bu tür sistemler hem üretimleri hem de inşaatı sırasında daha az enerji kullanmaktadır. Ayrıca, yapıdaki ahşap binanın kullanım ömrü boyunca CO<sub>2</sub>'i bağlamaktadır. Yapılarda kullanılan ahşap ürünler, yaklaşık 1 m<sup>3</sup>/1.000 ton CO<sub>2</sub> depolayabilmektedir. Bu anlamda, The Tree yapısında yaklaşık 1000 m<sup>3</sup> ahşap kullanımı ile yaklaşık 1000 ton karbondioksit iyileştirilmiş olmaktadır (Kleppe, 2017). Yenilenemeyen yapı malzemeleri yerine kereste kullanımı, küresel ısınmayı azaltmada önemli bir adım olarak görülmekte ve ahşabın hayatta olduğu ya da bir yapı içinde kullanıldığı sürece karbon depolaması sebebiyle, gelecekte daha da önem kazanması beklenmektedir (Malo vd, 2016). Ayrıca ahşabın tamamen doğal malzeme olması ve kullanım sonrası tekrar doğaya karışması özelliği sürdürülebilir bir özelliktir.

### 3.5 Yapı Yalıtımı ve Enerji Tasarrufu

The Tree yapısı bulunduğu yerin olumsuz hava şartlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Şekil 15'te de görüldüğü gibi tüm dış cephe duvarlarında taş yünü malzeme kullanılmış, bu yolla yapıda ısı yalıtımı sağlanmıştır. Aynı zamanda yapıyı kuvvetli rüzgârlardan ve yağışlardan korumak için, binanın kuzey ve güney cephelerinde camlı balkonlar bulunmaktadır. Doğu ve güney cephelerinde, astarlı ve yalıtımlı duvarlarda metal kaplama yapılmıştır (Abrahamsen, 2015).



Şekil 15. Cephe yalıtım uygulamaları (solda ve ortada), güney cephe cam giydirme ve doğu cephe metal kaplama (Abrahamsen, 2015), (URL 7).

Prefabrike modüler daire duvarında ise üretim aşamasında, fabrika ortamında uygulanmış 20 cm ısı yalıtımı bulunmaktadır. Bu nedenle, The Tree Binası ısıtma için çok az enerji kullanan, “pasif bir ev” olarak adlandırılmaktadır (NS3700 / 3701'e göre yapılan enerji tüketim hesaplamalarına göre: 15 kWh / m<sup>2</sup>/yıl) (URL 7). NS3700 / 3701'te yer alan enerji tüketim hesaplamalarına göre, The Tree yapısı %81 ısı geri kazanım verimi ile “A” sınıfı bir enerji tüketimine sahiptir (Birincil enerji tüketimi: 84 kWh / m<sup>2</sup>/yıl, Nihai enerji tüketimi: 71 kWh / m<sup>2</sup>/yıl. Nihai tüketim dağılımı ise: Alan ısıtma: 3 kWh / m<sup>2</sup>/yıl, Havalandırma ısıtma: 4.5 kWh / m<sup>2</sup>/yıl, Sıcak kullanım suyu: 29.8 kWh / m<sup>2</sup>/yıl, Fan uygulaması: 4.8 kWh / m<sup>2</sup>/yıl, Pompa uygulaması: 0,1 kWh / m<sup>2</sup>/yıl, Aydınlatma: 11.4 kWh / m<sup>2</sup>/yıl, Teknik ekipman: 17.5 kWh / m<sup>2</sup>/yıl olarak hesaplanmıştır) (URL 8).

The Tree için hazırlanan yangın stratejisi raporunda, ana taşıyıcı sisteminin çökmeden 90 dakika yangına dayanması gerektiği belirtilmiştir. Bu aynı zamanda prefabrike modüller için de geçerlidir. Koridorlar ve balkonlar gibi ikincil yük taşıma sistemleri için 60 dakika yangın dayanımı hesaplanmıştır. Farklı yangından korunma önlemleri de sisteme dahil edilmiştir. Bu önlemler; dış cephedeki yatay lamine kirişler her ikinci kat için cephelerde yangını durdururken, yanıcı yüzeyleri korumak için yangına dayanıklı koruyucu ile uygulanması, kaçış yollarında yangın söndürme, sprinkler sistem ve güvenli tahliye için kaçış merdiveni shaftlarındaki yüksek basınçlandırma yapılması olarak sıralanabilir (Malo vd., 2016).

## SONUÇ ve ÖNERİLER:

Son yıllarda, dünyada şehirlerde artan nüfusun gereksinimlerine yanıt verebilecek yeni çözümler arandığı görülmektedir. Yapı sektöründe kullanılan malzemelerin iyileştirilmesi, geliştirilmesi, doğal kaynakların etkin ve verimli kullanılması gibi sürdürülebilir ve yeni teknolojilerin kullanımını içeren bu tür arayışlara ek olarak, artan nüfus yoğunluğunun düşey yapılaşmayla çözümlenmesine gidilmesi söz konusudur. Bu noktada, yapıların yeri ile ilişkili olarak çoğunlukla betonarme ya da çelik sistemlerin yapılarda taşıyıcı olarak tercih edildiği görülsede özellikle ahşap malzemenin yoğun bulunduğu ülkelerde çağdaş ahşap yapım sistemlerinin yüksek yapılarda kullanıldığı örneklerle sıklıkla rastlanmaktadır. Ahşap malzemenin doğal olması, her coğrafyada ulaşılabilirliği ve üretimi, yeniden doğaya dönüşümü gibi ekolojik özelliklerinin günümüz teknolojisi ile birleştirilmesi bu tür sistemlerin yaygınlaşmasında önem taşımaktadır.

Bununla birlikte, Türkiye’de ahşap yapı geleneğinin var olduğu ve ahşap ham maddesinin çokça olduğu görülmektedir. Buna karşın, ahşap yapım sisteminin taşıyıcı eleman olarak kullanıldığı çağdaş sistemli yapı örneklerine ülkede sık rastlanmamaktadır. Bu açıdan, ahşabın çağdaş yapım sistemi olarak kullanımının örneklenmesi ve Türkiye’de kullanımını artırmak üzere farkındalık yaratılması konularını amaçlayan bu çalışmada, Norveç’te lamine ahşap ve CLT sistemi ile üretilen, yapıldığı dönemin en yüksek ahşap yapısı olarak bilinen The Tree yapısı incelenmiştir. Yapı ile ilgili olarak ulaşılan bilgilerden bazıları Tablo 3’te özetlendiği gibidir.

**Tablo 3.** Ahşap yapım sistemlerinin kullanıldığı The Tree yapısı özelliklerinden bazıları (Kleppe, 2017), (URL 8).

Yapı adı / yapım yeri	Yapım yılı	Yapı türü	Kat adedi	Ahşap taşıyıcı sistem	Taşıyıcı sistem malz.	B.armenin kullanım şekli	Yapım süresi	Ahşap malzeme miktarı	Depolanan CO2 miktarı
The Tree / Bergen (Norveç)	2015	Sosyal Konut	15	Lamine Ahşap	B.arme ve Ahşap	Bodrum Katı ve Güç Katları Tavan Döşemeleri	4 katlı modülün yerleştirilmesi 3 gün Toplam inşaat süresi 1 yıl	1000 m3	1000 ton

Çalışma sonunda, Türkiye’de çağdaş ahşap sistemlerinin kullanımının denemesinde yapı sektörü, kullanıcı konforu ve ülke açılarından katkı sağlayabileceği görülmüştür. Bu yolla, ülkedeki güncel yapı gereksinimi sürdürülebilir ve yenilikçi çözümlerle karşılanabilecektir. Türkiye’de ahşap ve ahşap yapım sistemlerinin kullanımına yönelik bilinçlendirme çalışmalarının artırılması ilk aşamada konunun yaygınlaştırılması açısından önem taşımaktadır. Aynı zamanda, ahşap yapım işçiliğinin geliştirilmesi ve yenilikçi sistemlerin kullanımının diğer sistemlere oranla nasıl bir maliyet farkına yol açacağına araştırılmasının ileride yapılacak çalışmalar açısından değerlendirilmesinde yarar görülmektedir.

## KAYNAKÇA:

- ABRAHAMSEN, R. B. (2015). First 14-storey wood building in the world at Bergen in Norway. *5th Forum International Bois Construction FBC 2015*.
- AKÇA, C., AKARCA, H., ERDOĞMUŞ, E. ve DEMIREL, A. (2014). Ulusal Ahşap Birliği. *UAB*.
- AKSOY, D. ve AHUNBAY, Z. (2005, Mart). Geleneksel ahşap iskeletli Türk Konutu’nun Deprem Davranışları. *İtü Dergisi*, 4(1), 47-58.
- BRANCACCIO, F. (2018). Çağdaş Yapılarda Ahşap: Kullanım ve Yeniden Kullanım. *Ahşap Yapılarda Koruma ve Onarım Sempozyumu 4* (s. 178-198). İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi KUDEB.
- BRANDNER, R., FLATSCHER, G., RINGHOFER, A., SCHICKHOFER, G. ve THIEL, A. (2015). Cross Laminated Timber (Clt): Overview And Development. *European Journal Of Wood Products*.
- FLEMING, P., SMITH, S. ve RAMAGE, M. H. (2014). Measuring- Up İn Timber: A Critical Perspective On Mid- And High-Rise Timber Building Design. *Architectural Research Quarterly*, 18-01, 20-30.

FOSTER, R., REYNOLDS, T. ve RAMAGE, M. H. (2018).What İs Tall Timber? Towards The Formal Classification Of Timber As A Material Of Tall Building Design. *2018 World Conference on Timber Engineering*. At Seoul, Republic of Korea.

GÜZEL, N. ve YESÜGEY, S. C. (2015). Yapı Teknolojisi Ve Malzeme Çapraz Lamine Ahşap (Clt) Malzeme İle Çok Katlı Ahşap Yapılar. *Mimarlık*, 382.

HASOL, D. (2017). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü* (15.Baskı b.). İstanbul: Yem Yayın.

KLEPPE, O. H. (2017). The Tree- Dünyanın En Yüksek Ahşap Binası. *Ahşap Yapılarda Koruma ve Onarım Sempozyumu 5* (s. 193-207). İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi KUDEB.

MALO, K. A., ABRAHAMSEN, R. B. ve BJERTNAES, M. A. (2016). Some Structural Design Issues Of The 14 Storey Timber Framed Building “Treet” İn Norway. *European Journal Of Wood And Wood Products*, 407-424. doi:10.1007/S00107-016-1022-5

RAMAGE, M., FOSTER, R., SMITH, S., FLANAGAN, K. ve BAKKER, R. (2017). Super Tall Timber: Design Research For The Next Generation Of Natural Structure. *The Journal Of Architecture*, 22:1, 104-122. doi:Doi: 10.1080/13602365.2016.1276094

#### İnternet Kaynakları:

URL 1 [http://www.tretekensk.no/aktuelt/copy4\\_of\\_nyhet](http://www.tretekensk.no/aktuelt/copy4_of_nyhet) (Erişim T: 08.10.2019)

URL 2 <http://www.puitmajaliit.ee/news/article-4> (Erişim T: 08.10.2019)

URL 3 <https://www.woodproducts.fi/tr/content/yapistirilmis-lamine-ahsap> (Erişim T: 12.09.2019)

URL 4 <https://www.woodproducts.fi/tr/content/capraz-lamine-ahsap-clt> (Erişim T: 12.09.2019)

URL 5 <https://insapedia.com/capraz-lamine-ahsap-teknolojisi-clt-cross-laminated-timber/> (Erişim T: 24.07.2019)

URL 6 <http://www.ahsap.org/assets/pdfDocs/etkinlik-2/Ahsap-Yapi-Sektor-Raporu-2.pdf> (Erişim T: 29.04.2019)

URL 7 <http://www.buildup.eu/en/practices/cases/treet-wooden-high-rise-building-excellent-energy-performance> (Erişim T: 18.09.2019)

URL 8 <https://www.arkitektur.no/treet?lcid=1033&tid=158202> (Erişim T: 18.09.2019)